

TIS contre le coléoptère du palmier?

Principe et mise en œuvre de la Technique de l'Insecte Stérile

Oliva Clelia

Entomologiste

Chargée de projet TIS au CTIFL

Coordinatrice Collectif TIS

oliva@ctifl.fr



21 Mai 2019 – Port Cros





Principe de la TIS



Conditions et phases de mise en œuvre



En France : Collectif TIS





Principe de la TIS



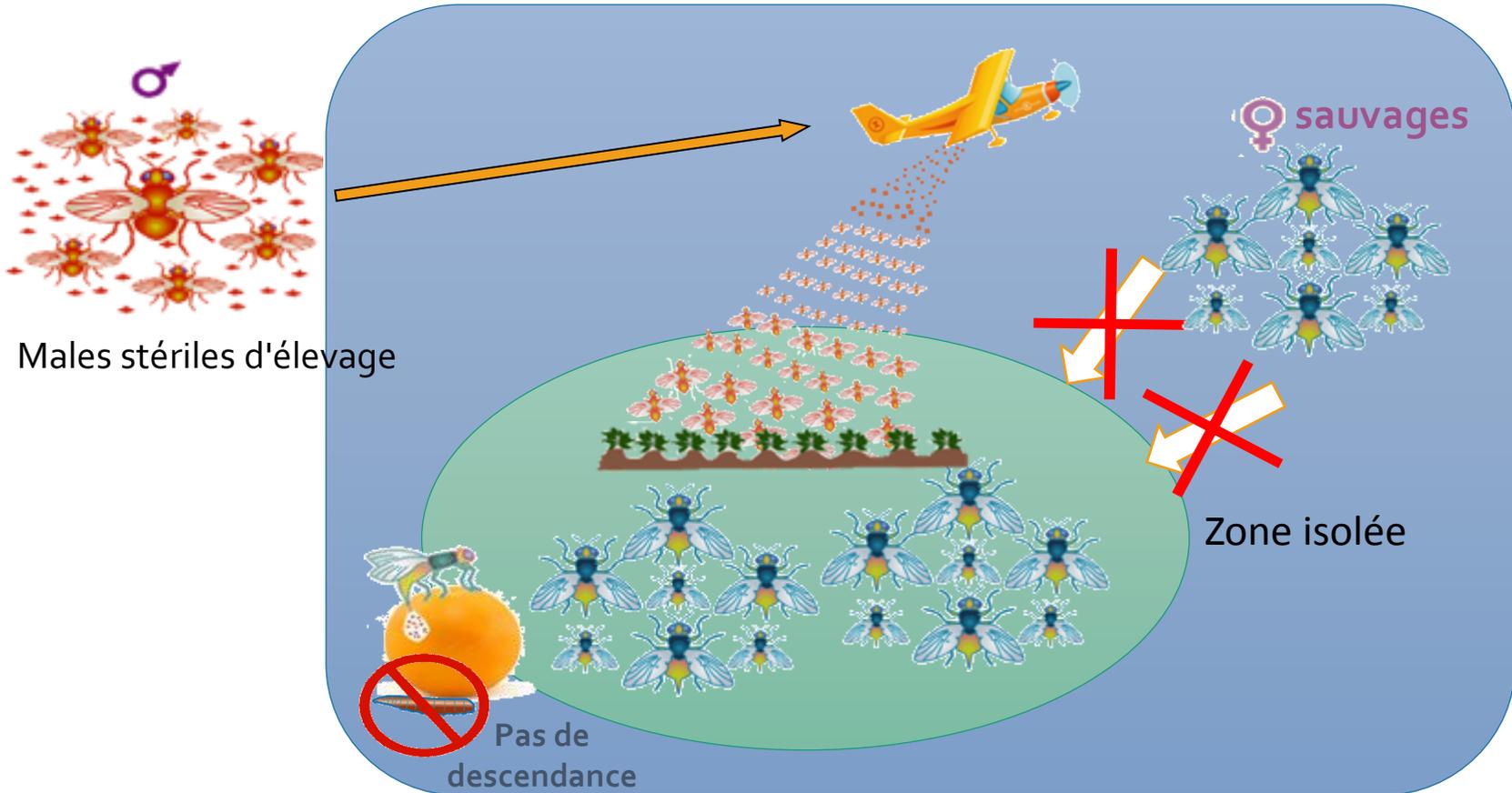
Conditions et phases de mise en œuvre



En France, Collectif TIS



❖ *Principe : interrompre le cycle reproductif des populations sauvages*



❖ *Déploiement de la TIS*

- **Élevage en masse**
- Séparation des sexes
- Stérilisation des mâles



- ✓ Biologie du ravageur
- ✓ Élevage maîtrisé et peu coûteux
- ✓ Production stable, de qualité

- ✓ Ferme d'élevage
- ✓ Personnel formé
- ✓ Budget investissement (infrastructure, irradiateur)



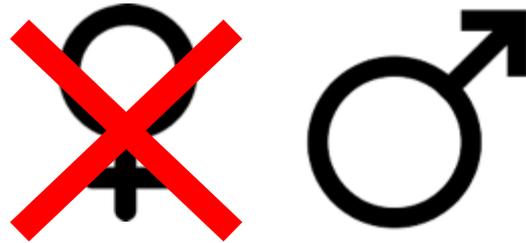
❖ *Déploiement de la TIS*

- Élevage en masse
- **Séparation des sexes**
- Stérilisation des mâles



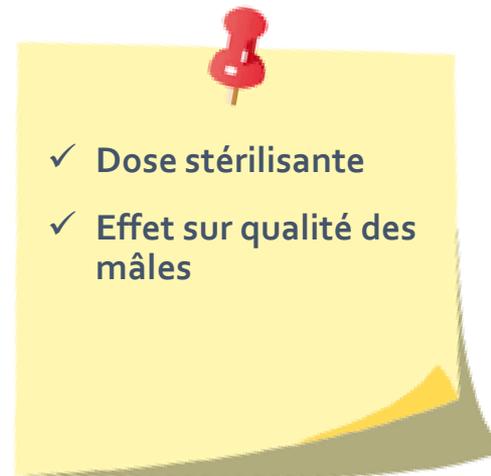
- 
- ✓ Mécanique (différence morphologique)
 - ✓ ou souche de sexage

(Optionnel sauf en cas de transmission de pathogènes uniquement par les femelle)



❖ Déploiement de la TIS

- Élevage en masse
- Séparation des sexes
- **Stérilisation des mâles**

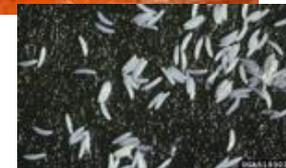


*Rayonnement ionisant
(Rayons X ou Gamma)*



Les rayonnements
électromagnétiques
perturbent les atomes

Spermatozoïdes motiles
mais stériles



Interruption du
développement de
l'embryon dans l'œuf

❖ Déploiement de la TIS

- Élevage en masse
- Séparation des sexes
- **Stérilisation des mâles**



Utilisation courante pour stérilisation de nombreux produits et aliments

*Rayonnement ionisant
(Rayons X ou Gamma)*



❖ *Déploiement de la TIS*

- Élevage en masse
- Séparation des sexes
- **Stérilisation des mâles**



*Rayonnement ionisant
(Rayons X ou Gamma)*



Autres approches de stérilisation :
Wolbachia
OGM



**!! Différentes
réglementation et
conditions d'acceptation**

❖ *Déploiement de la TIS*

- Élevage en masse
- Séparation des sexes
- Stérilisation des mâles

- **Lâchers fréquents et inondatifs**
 - Descendance stérile
- réduction de la population cible

- ✓ Packing
- ✓ Transport
- ✓ Lâchers

- ✓ Ecologie du ravageur
- ✓ Dispersion, survie (sauvages, stériles)
- ✓ Suivis populations (pièges)

- ✓ Information riverains
- ✓ Engagement pouvoirs publics, collectivités



❖ Déploiement de la TIS

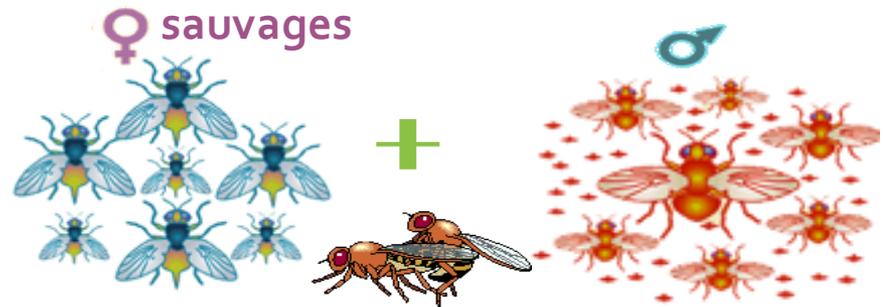
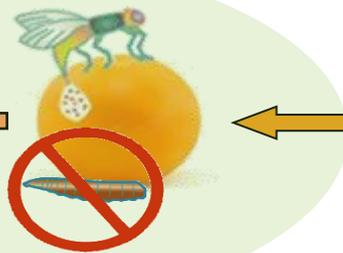
- Élevage en masse
- Séparation des sexes
- Stérilisation des mâles

- Lâchers fréquents et inondatifs
 - **Descendance stérile**
- réduction de la population cible

- 
- ✓ Comportement d'accouplement
 - ✓ Compétitivé
 - ✓ Compétition spermatique



Pas de
descendance

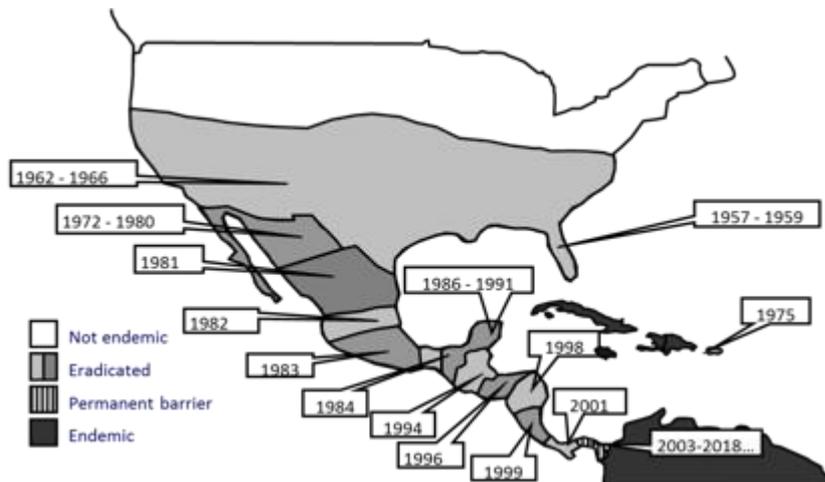
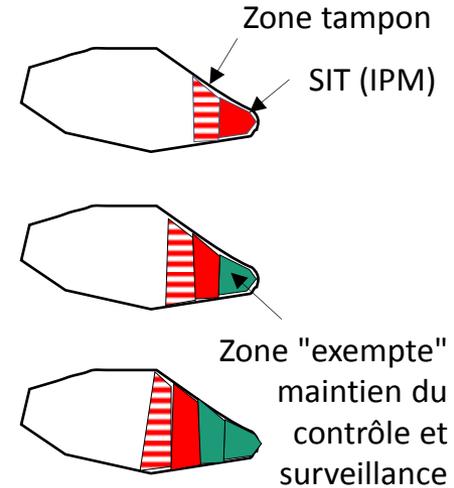


❖ Déploiement de la TIS

- Élevage en masse
- Séparation des sexes
- Stérilisation des mâles

- Lâchers fréquents et inondatifs
 - Descendance stérile
- réduction de la population cible

Progression par "zones d'intervention"



Ex. Elimination Lucilie bouchère

Avantages

- **Respectueuse de l'environnement**
 - Spécifique de l'espèce cible
 - Auto-limitée
 - Permet d'atteindre des zones inaccessibles
 - Réduction de l'utilisation de pesticides
 - Concourt au retour des ennemis naturels
- Effet à **long terme**
- **Efficacité et rentabilité** prouvées pour certains modèles (> 60 ans de succès à travers le monde)
 - Efficacité augmente avec la diminution de population (peut permettre éradication)
 - Plus rentable à grande échelle

Contraintes

- **Coût de l'investissement initial** (usine d'élevage et coût opérationnel)
- **Accès/détention d'une source d'ionisation** (rayons Gamma ou rayons X)
- Nécessite l'**implication de tous les acteurs du territoire**
- À inclure dans une **stratégie globale de lutte**
- Effet **non immédiat** (plusieurs générations)

4 stratégies d'emploi

Selon situation écologique, menace de l'insecte nuisible, objectif du programme :

Suppression : maintien population cible sous le seuil de nuisibilité économique, ou de transmission de pathogène.

- moins coûteux en suivi
- effort permanent
- participation active des producteurs/riverains

Ex : carpocapse (Canada), mouche méditerranéenne (Israël, Jordanie, Afrique du Sud, Madère, Espagne, Tunisie), mouche des fruits orientale *B.dorsalis* (Thaïlande), faux carpocapse *T.leucotreta* (Af. du Sud)...

Éradication : élimination d'une population locale.

- efforts limités dans le temps
- nécessite mesures de quarantaine à l'import et suivi permanent
- nouveaux marchés d'export lucratifs

Ex : lucilie bouchère (Caraïbes jusqu'à Panama, Lybie), mouche tsétsé (Zanzibar), mouche du melon (Japon), teigne de la pomme *T.anartoides* (Nouvelle Zélande)...

Confinement : éviter la dispersion d'une espèce invasive déjà présente à faible densité.

Ex : ver rose du cotonnier (*Pectinophora gossypiella*) aux USA, Mouche med à la frontière Mexique-guatemala.

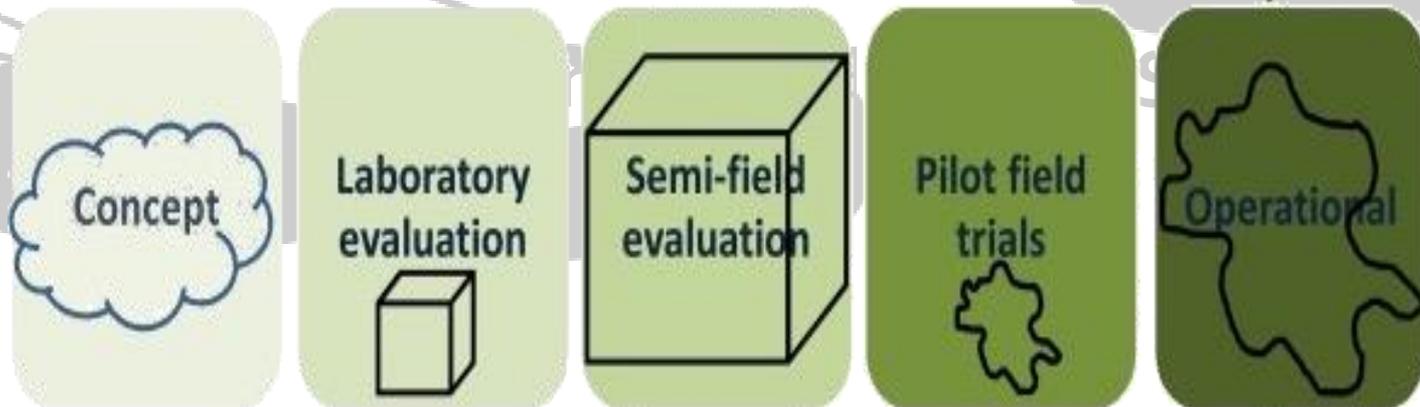
Prévention : éviter l'installation d'une espèce invasive menaçante.

- Stratégie la plus rentable économiquement

Ex : mouche méditerranéenne en Californie

Principe de la TIS

Conditions et phases de mise en œuvre



❖ *Conditions de fonctionnement de la TIS*

La TIS n'est pas adaptée à tous les insectes...

Caractéristiques incompatibles avec la TIS :

- Parthénogenèse
- Période de reproduction très éphémère et synchrone
- Sites de reproduction peu accessibles à des adultes stériles lâchés
- Forte sédentarité
- Durée du cycle de vie très étendu
- Insectes stériles pouvant eux-mêmes être nuisibles (ex. sauterelles, cafards...)
- Comportement migratoire sur de longues distances (ex. sauterelles...)

Caractéristiques challenging :

- Nécessité de séparer males/femelles
- Parthénogenèse facultative
- Insectes sociaux
- Non holométabole (facilité élevage)
- Période de diapause
- Uni/semi-voltine (synchronisation production et lâchers avec périodes spécifiques d'accouplement)
- Plusieurs plantes hotes, répartition large
- Monophagie (difficulté élevage)
- Forte dispersion des femelles sauvages
- Compétition spermatique à défaveur du sperme stérile

❖ *Conditions de fonctionnement de la TIS*

Conditions de succès de la TIS

- Insecte cible sur territoire cible
- Efficacité et rentabilité à long terme

Prérequis techniques :

- Possibilité d'inclure la TIS dans une stratégie de lutte intégrée à l'échelle d'une zone entière
- Diminution population avant lâchers possible : variation naturelle / application insecticides
- Possibilité de suivi de surveillance par piégeage

Prérequis économiques :

- Importance économique des dégâts /nuisance
- Absence d'alternatives de lutte
- Gestion actuelle coûteuse et/ou peu efficace

Caractéristiques optimales :

- Possibilité de séparer males/femelles tôt dans le cycle
- Densité faible
- Distribution par patch dense sur un territoire restreint
- Faible dispersion des femelles sauvages
- Sites isolés

❖ Étapes de mise au point de la TIS

Étude de faisabilité

Elevage

- ✓ Milieu, nourriture
- ✓ Élevage continu
- ✓ Séparation stades
- ✓ Séparation sexes

Essai pilote

Reproduction

- ✓ Compétition spermatique
- ✓ Site d'accouplements accessibles

Stérilisation

- ✓ Stade
- ✓ Dose
- ✓ Effet sur survie, qualité

Programmes opérationnels

❖ Étapes de mise au point de la TIS

Étude de faisabilité



Essai pilote

2 options

Production locale

Import

Programmes opérationnels

Prérequis

- ✓ Salle d'élevage et personnel formé
- ✓ Possibilité d'accès à irradiateur (EFS? Fac? CEA?)

- ✓ Usine d'élevage existante avec capacité de stérilisation
- ✓ Logistique d'envoi (nymphe/adultes) : court délais, cout raisonnable

✓ **Equipe terrain** : lâchers + suivi

Vérifier si

- ✓ Logistique simple : élevage-stérilisation-lâchers
- ✓ Élevage d'une souche locale (**si étrangère nécessité autorisation d'introduction*)

- ✓ Élevage d'une souche locale (**si étrangère nécessité autorisation d'introduction*)
- ✓ *Qualité insectes après envois*

Site pilote

- ✓ Sites d'étude adaptés (isolement)
- ✓ Densités sauvages connues
- ✓ Analyse spatio-temporelle de l'impact des lâchers (comparaison de sites)

- ✓ Aspects réglementaires
- ✓ Information riverains
- ✓ Financement

Estimer un budget sur 1 à 3 ans...

❖ Étapes de mise au point de la TIS

Étude de faisabilité

Essai pilote

Programmes
opérationnels



FACTEURS ÉCONOMIQUES

Coût TIS < coût conventionnel

Marché justifiant une usine de production

→ Coût des insectes stériles

Business model à long-terme

→ Ensemble régions des potentielles

→ Estimation demande maximale

→ Estimation du seuil d'économie d'échelle

Apport financier élevé



FACTEURS OPÉRATIONNELS

Expansion TIS sur **une seule zone large** vs. plusieurs zones fragmentées
→ Éviter coordination et management fragmentés

Mécanisme de financement **unique**
→ éviter contrats individuels)

Partenariat solide

Zones cibles répondant aux **prérequis techniques**

→ Vision long terme

→ Pas une réponse d'urgence sur sites non isolés



FACTEURS CULTURELS

Forte coordination et coopération chez les producteurs vs. gestion
→ Éviter fragmentation des zones et gestion individuelle

Attentes & maillage agricole

→ Implication différentes filières pour gestion même ravageur

→ commercialisation TIS : demandes de prix d'achats différents selon production

Connaissances techniques sur la TIS

→ Fonds suffisants pour l'information

Principales causes d'échec : mauvais management, financement inadéquat, mauvaise anticipation du programme, manque de soutien politique

❖ Aspects réglementaires



Loi du 12 juillet, 2010
2 nouveaux articles L258
Livres II – Titre V – chapitre VIII
Code rural et de la pêche maritime

Directive 2000/29/CE

(mesures de protection contre l'introduction ou dispersion d'organismes nuisibles aux plantes)

Directive 2008/61/CE

(conditions d'introduction ou mouvement de certains organismes nuisibles aux plantes – à des fins scientifiques)

Décret n°2012-140 du 30 janvier 2012

Conditions of autorisation pour l'entrée sur le territoire et l'introduction dans l'environnement de **macro-organismes non indigènes** utiles aux plantes, en particulier dans le contexte du biocontrôle.

- **Entrée sur le territoire** → confiné – à des fins scientifiques - pas d'introduction dans l'environnement
- **Introduction dans l'environnement** → pas de mesures pour éviter la dispersion de l'organisme (incl. serres)

Articles R. 258-1 À 9 Du Code Rural Et De La Pêche Maritime

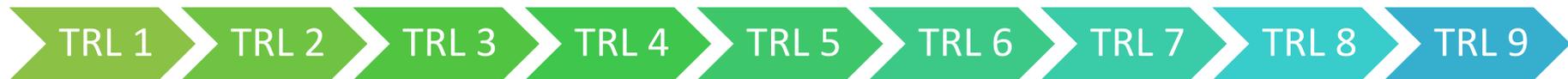
Arrêté Du 28 Juin 2012

Applications

- **Entrée sur le territoire** → autorisation valide pour une catégorie d'organismes.
- **Introduction dans l'environnement** → autorisation limitée à un organisme défini par son espèce et origine.

Arrêté du 26 février 2015 Liste de macro-organismes non indigènes **exempts** d'autorisation

❖ Des potentiels à différents stades



<i>Drosophila suzukii</i>
Tordeuse orientale du pêcher <i>Grapholita molesta</i>
mouche de la cerise <i>Rhagoletis cerasi</i>
<i>Neoleucinodes elegantalis</i>
mineuse sud-américaine de la tomate. <i>Tuta absoluta</i>
Légionnaire de la betterave <i>Spodoptera exigua</i>
Noctuelle de la tomate <i>Helicoverpa armigera</i>
Fall armyworm <i>Spodoptera frugiperda</i>
Mouche de la tomate <i>Neoceratitis cyanescens</i>
Light brown apple moth <i>Epiphyas postvittana</i>
pyrale de la canne à sucre <i>Diatraea saccharalis</i>
mouche de la goyave <i>Anastrepha striata</i>
teigne du caroube <i>Ectomyelois ceratoniae</i>
Coleoptère du palmier <i>Rhynchophorus ferrugineus</i>

Tiger mosquito <i>Ae.albopictus</i>
Mosquito <i>Ae.aegypti</i>
Mosquito <i>Ae.polynesiensis</i>
Mosquito <i>An.arabiensis</i>
mouche des semis <i>Delia platura</i>
Ver de la grappe <i>Lobesia botrana</i>
Mouche de l'olive <i>Bactrocera oleae</i>
Mouche de la pêche <i>Bactrocera zonata</i>
charançon du cotonnier <i>Anthonomus grandis</i>
<i>Anastrepha serpentina</i>

lucilie bouchère <i>Cochliomyia hominivorax</i>
Tsetse flies <i>Glossina</i> sp.
mouche méd <i>Ceratitis capitata</i>
mouche orientale des fruits <i>Bactrocera dorsalis</i>
mouche antillaise <i>Anastrepha obliqua</i>
mouche mexicaine <i>Anastrepha ludens</i>
mouche Queensland <i>Bactrocera tryoni</i>
mouche du melon <i>Bactrocera cucurbitae</i>
mouche de l'oignon <i>Delia antiqua</i>
carpocapse <i>Cydia pomonella</i>
faux carpocapse <i>Thaumatotibia leucotreta</i>
Pink bollworm <i>Pectinophora gossypiella</i>
Charançon de la patate douce <i>Cylas formicarius</i>
Pyrale du cactus <i>Cactoblastis cactorum</i>

En France :

Projet en cours

Projet soumis

Interet



Principe de la TIS



Conditions et phases de mise en œuvre



En France : Collectif TIS



TECHNIQUE DE L'INSECTE STÉRILE

- ✓ Spécifique de l'espèce cible
- ✓ Stérilisation par rayons X
- ✓ Respectueuse de l'environnement
- ✓ Intégrée dans une stratégie territoriale
- ✓ Utilisée depuis plus de 60 ans



Groupe de réflexion - Collectif TIS

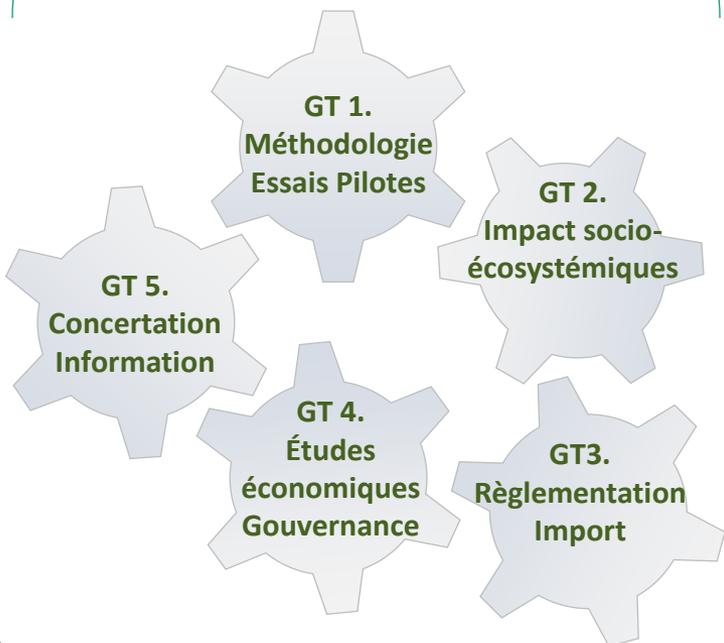
- * >60 membres en France: Instituts de recherche, Instituts techniques, Stations Expérimentales, Filières agricoles, Opérateurs, Industrie, Associations environnementale, Incubateurs de Start-up, Ministères, ...
- * **Intéraction avec des réseaux et organismes internationaux.**

Notre mandat

- Répondre aux défis auxquels sont confrontés les agriculteurs (ravageurs de cultures) et aux questions de santé humaine / animale (vecteurs de pathogènes)
- Favoriser une approche globale et commune pour la France (Santé et Agriculture)
- Promouvoir le partage d'expériences
- Co-construire un cadre solide avec toutes les parties prenantes



Stratégie : consultation à travers des groupes de travail interconnectés



Appui aux projets d'essais pilotes TIS Agri & Santé

- **CARPOTIS: carpocapse**, Isère & corréze (CTIFL, 2019-21)
- **PROTOTIS : *Drosophila suzukii***, Occitanie (INRA, 2019-22)
- **CeraTIS Corse : *Ceratitis capitata***, Corsica (CTIFL, 2020-22)
- **GEMDOTIS : *Bactrocera dorsalis***, Réunion (CIRAD, 2020-22)
- **TIS Aedes Réunion: moustique *Aedes albopictus***, Réunion (IRD, 2019-21)
- **INNOVENTOMO Polynésie : SIT+IIT, moustique *Aedes polynesiensis***, Tahiti (ILM, 2019-21)
- **Revolinc : SIT + entomopathogènes, *Aedes albopictus*** (CIRAD, 2020-22)

Projet international – Partages de compétences

- **Kamanics (RISE action H2020) : "Fostering knowledge-based management of success factors of plant bioprotection methods"** (INRA, 2020-23) – 18 participants (EU, SA, Argentina)
 - Qualité des organismes produits
 - Modélisations des stratégies de la chers et des impacts
 - Intégration socio-économique au territoire



Merci pour votre
attention!

21 Mai 2019 – Port Cros